

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Aufbruch zum Mond - Astronomie

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de



II.H.6

Astronomie

Aufbruch zum Mond

Matthias Borchart, Bonn

Illustrationen von Dr. Wolfgang Zettlmeier



© RAABE 2019

© wikipediawiki/Chris Hadley – www.wikihow.com

Am 21. Juli 1969 betraten erstmals Menschen den Mond. Heute ist das Interesse am Mond neu entfacht: Unbemannte Mondmissionen von Nationen wie China, Indien und Israel gut 50 Jahre nach den Mondlandungen der USA haben nun auch Amerikaner und Russen veranlasst, sich dem Mond wieder zuzuwenden. Das Thema Raumfahrt in Richtung Mond ist aktuell wie selten zuvor. Die motivierende Kraft, die dem Ganzen innewohnt, sollte im Physikunterricht genutzt werden.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe/Lernjahr:	10–12 (G8), 11–13 (G9)
Dauer:	12–14 Unterrichtsstunden
Kompetenzen:	Qualitative und quantitative Bearbeitung von Bewegungsvorgängen in Gravitationsfeldern, Grundlagen des Raketenantriebs, Umgang mit Simulationen und Mathematiksoftware, Berechnung von Beschleunigungen und Geschwindigkeiten von Raketen, historische und gesellschaftlich relevante Aspekte der Weltraumfahrt
Thematische Bereiche:	Beschleunigte Bewegungen in Gravitationsfeldern, Raketenantrieb
Medien:	Computersimulationen, Taschenrechner, Mathematiksoftware

Fachliche und didaktisch-methodische Hinweise

Dieser Beitrag stellt mögliche Zugänge zur Thematik vor. Beginnend mit der Frage, wie man dem Gravitationsfeld der Erde entkommen kann, über erste naive Vorstellungen eines Mondflugs nach Jules Verne berechnen Ihre Schüler schließlich die Geschwindigkeiten der riesigen, dreistufigen Saturn-V-Rakete. Aber auch Fragen nach der Sinnhaftigkeit einer bemannten Raumfahrt werden thematisiert.

Computersimulationen ermöglichen einen anschaulichen und handlungsorientierten Zugang zu einzelnen Fragen des Themas.

Einordnung des Themas

Am 21. Juli 1969, also vor mehr als fünfzig Jahren, setzte ein Mensch zum ersten Mal seinen Fuß auf die staubbedeckte Oberfläche des Mondes. Nach den medienwirksamen Mondlandungen der Amerikaner wurde es um den Mond jedoch bald wieder ruhig. Dies hat sich inzwischen erheblich geändert – der Mond ist seit kurzem wieder eindeutig im Fokus der internationalen Raumfahrt. Raumsonden und Rover wurden und werden auf unseren Erdtrabanten geschickt und Überlegungen, Menschen erneut dorthin zu entsenden, werden kontrovers diskutiert. Sogar von bemannten Mondbasen ist inzwischen die Rede. Themen aus der Raumfahrt wohnen seit jeher eine starke motivierende Kraft für den Physikunterricht inne, sodass sich die Einbindung des Themas „Aufbruch zum Mond“ in den Unterricht geradezu aufdrängt. Berührungspunkte zum Lehrplan gibt es zur Genüge. So passt beispielsweise die Frage, wie man sich vom Gravitationsfeld der Erde lösen und die notwendigen Beschleunigungen und Geschwindigkeiten aufbauen kann, um den Sprung zu unserem nächstgelegenen Himmelskörper zu schaffen, optimal in das Inhaltsfeld der Mechanik. Dies gilt auch für den Raketenantrieb, dessen Behandlung den Impulsbegriff in einen stark anwendungsorientierten Kontext stellt. Die Materialien sind daher im Unterricht der Einführungsphase zur Oberstufe verortet.

Lernvoraussetzungen

Die Lernenden sollten mit den Gesetzen der gleichförmigen und gleichmäßig beschleunigten Bewegung vertraut sein. Auch die Kreisbewegungen (Zentripetalkraft) sowie das Gravitationsgesetz nach Newton sollten bereits thematisiert worden sein. Das Thema Impuls und Impulserhaltung ist zum Verständnis des Raketenantriebs nützlich – allerdings sind die Materialien so gestaltet, dass Sie auch ohne diese Inhalte auskommen.

Ihre Schüler sollten mit der Mathematiksoftware GeoGebra umgehen können. Für Rechercheaufträge und die Verwendung von Computersimulationen ist es erforderlich, dass die Lernenden Zugang zu Computern mit Internetanschluss haben.

Didaktische und methodische Aspekte

Ein Grundproblem des Physikunterrichts der Oberstufe ist zuweilen die Tatsache, dass die Einführung mathematischer Inhalte und Methoden dem Physikunterricht hinterherhinkt. Dies zeigt sich besonders beim Thema Raketenphysik. Die Herleitung der Ziolkowskiformel¹ zur Geschwindigkeitsberechnung einer Rakete verlangt Kenntnisse der Integralrechnung und der natürlichen Logarithmusfunktion. Diese Inhalte stellt der Mathematikunterricht in der Regel aber erst viel später bereit,

¹ Benannt nach dem russischen Naturforscher Konstantin Eduardowitsch Ziolkowski (1857–1935), der 1903 die Grundformel für die Berechnung der Geschwindigkeit von Raketen veröffentlichte.

nämlich dann, wenn man dem Themengebiet der Mechanik bereits den Rücken gekehrt hat. Die erwähnten mathematischen Schwierigkeiten lassen sich jedoch durch den Einsatz einer Mathematiksoftware wie z. B. GeoGebra umgehen, denn die Endgeschwindigkeit einer Rakete ergibt sich aus dem Flächeninhalt unter der Beschleunigungskurve der Rakete. Diese Fläche lässt sich leicht mit besagter Software ermitteln.

Auch der Einsatz von grafikfähigen Taschenrechnern (GTR) stellt eine gute Möglichkeit dar. Der Umstand, dass die Lernenden die Beschleunigungsfunktion grafisch darstellen, ist didaktisch besonders wertvoll, denn die Kurve vermittelt einen direkten Eindruck von der Dynamik des Beschleunigungsvorganges insgesamt. Dagegen erscheint die Verwendung der Ziolkowski-formel eher als statisch, da lediglich der Anfangs- und der Endzustand der Rakete betrachtet werden – die zeitliche Entwicklung der Beschleunigung bleibt dabei unsichtbar.

Die Beschleunigungsfunktion wird im Einzelnen nicht hergeleitet, sondern den Lernenden in den Materialien mitgeteilt. Die Herleitung der Funktion ist anspruchsvoll, zeitintensiv und nur in besonders starken Lerngruppen sinnvoll, wenn das Thema Impulsantrieb und Raketenphysik intensiver thematisiert wird.² Daher erscheint es didaktisch gesehen wichtiger und sinnvoller, dass die Lernenden den Raketenantrieb als eine Bewegung mit nichtkonstanter Beschleunigung erkennen und verstehen, von welchen Größen der Geschwindigkeitszuwachs letztendlich abhängt.

Hinweise zur Reihenfolge der Materialien und zur Unterrichtsgestaltung

Die Materialien bauen aufeinander auf. Es ist daher sinnvoll, wenn Ihre Schüler bei der Bearbeitung die Reihenfolge einhalten.

Die Materialien **M 1** und **M 2** thematisieren die Frage, welche Geschwindigkeiten ein Raumflugkörper aufweisen muss, um eine Erdumlaufbahn auszuführen bzw. um das Gravitationsfeld der Erde zu verlassen. Diese Mindestgeschwindigkeiten werden als erste und zweite kosmische Geschwindigkeit, manchmal auch als Flucht- oder Entweichgeschwindigkeit bezeichnet. In den Materialien wird konkret Bezug genommen auf die berühmte Apollo-11-Mission im Jahr 1969.

Zu M 1 und M 2

Die Geschwindigkeiten, die nach dem Brennschluss der Triebwerke erreicht werden müssen, sind die eine Sache – die andere und vielleicht noch entscheidendere Frage ist, an welcher Stelle der Umlaufbahn das Raumschiff den notwendigen Kick in Richtung Mond bekommen soll, denn das System Erde-Mond ist nicht starr, sondern in ständiger Bewegung und die Gefahr ist groß, dass man den Mond verfehlt. Dieses klassische **Dreikörperproblem** lässt sich analytisch nicht lösen und erfordert daher den Einsatz einer Computersimulation, mit der die Lernenden spielerisch durch systematisches Probieren mögliche Flugbahnen zum Mond finden können. Dies ist Inhalt des Materials **M 3**. Wie erzeugt man aber die extrem hohen Geschwindigkeiten, um zum Mond zu kommen?

Zu M 3

In Zusammenhang mit dieser Frage ist ein kleiner Ausflug in die Fantasiewelt des französischen Schriftstellers Jules Verne reizvoll, der in seinem Roman „Von der Erde zum Mond“ seine drei Raumfahrer mit einer gigantischen Kanone in Richtung Mond schießt. Bei der Überprüfung seiner Ideen auf physikalische Sinnhaftigkeit (**M 4**) stellt man schnell fest, dass ein Schuss zum Mond absolut tödlich enden würde und daher andere Antriebssysteme notwendig sind, womit der Raketenantrieb, der in den Materialien **M 5** bis **M 8** ausführlich thematisiert wird, gedanklich vorbereitet ist. Die Frage, ob es zur Erforschung des Mondes unbedingt notwendig ist, Menschen dorthin zu schicken, wird im Material **M 9** thematisiert.

Zu M 4

Zu M 5 bis M 8

Zu M 9

² Interessierten und fachlich besonders guten Schüler wird mit Material **M 11** aber eine mögliche Herleitung der Beschleunigungsfunktion und auch der Ziolkowski-formel angeboten.

Zu M 10 und M 11

Die Lernenden sammeln dabei Informationen über eine Mission der damaligen Sowjetunion, die ein Jahr nach der Mondlandung der Amerikaner einen Rover namens Lunochod auf die Oberfläche des Mondes brachten, der ferngesteuert von der Erde aus umfangreiche wissenschaftliche Analysen und Beobachtungen durchführte. Diese Missionen fanden in der westlichen Welt kaum Beachtung, waren aber aus wissenschaftlicher Sicht äußerst erfolgreich. Der Lernzirkel schließt mit einer kleinen Lernerfolgsüberprüfung (**M 10**). Für besonders interessierte und mathematisch begabte Lernende bietet das Material **M 11** Einblicke in die Herleitung der berühmten Raketenformel von Ziolkowski.

Anregungen

Über die physikalisch-fachlichen Aspekte hinaus eröffnet das Thema Mondlandung eine Vielzahl weiterer Anknüpfungspunkte, die je nach Interesse der Lernenden und der zur Verfügung stehenden Zeit in Form von Vorführungen, Vorträgen oder schriftlichen Dokumentationen bearbeitet werden könnten. Die drei folgenden Themenbereiche mögen als Anregungen dienen.

Filme

Der 1995 gedrehte Film „Apollo 13“ mit Tom Hanks in der Hauptrolle vermittelt anschaulich die Vorbereitungen und die Durchführung des Flugs zum Mond. Physikalisch hat der Film darüber hinaus noch etwas zum Thema Schwerelosigkeit zu bieten, denn die entsprechenden Filmszenen wurden in echter Schwerelosigkeit gedreht, nämlich in Zero-G-Flugzeugen, die Parabelflüge durchführten. Auch Filme wie „Der Stoff aus dem die Helden sind“ (1986), „Aufbruch zum Mond“ (2018), „Apollo 11“ (2019) und „Hidden Figures“ (2016) sind absolut sehenswert und eröffnen gute Möglichkeiten, mit den Lernenden über Fragen zur Raumfahrt ins Gespräch zu kommen.

Die Frauen hinter der Mondlandung

Wenig bekannt, aber sehr bemerkenswert ist die Tatsache, dass die wichtigsten Berechnungen und die Erstellung der Softwarecodes für die Bahnoptimierungen der Apolloflüge von Frauen, die bei der NASA angestellt waren, durchgeführt wurden. Ein empfehlenswertes Recherchethema, das sehr interessante Einsichten vermittelt, wie Frauen in der Wissenschaft arbeiten und wahrgenommen werden – damals wie heute. Im Hinblick auf das Thema Mädchenförderung im naturwissenschaftlichen Unterricht bieten sich hier ausgezeichnete Anknüpfungsmöglichkeiten an.

Wernher von Braun

Ohne die deutschen Ingenieure und deren Wissen über den Bau von Raketen, wäre die Mondlandung 1969 nicht möglich gewesen. Dass dieses Wissen zu einem großen Teil aus der Zeit des zweiten Weltkrieges stammt und durch die Entwicklung von mörderischen Waffen motiviert war, macht das Thema auch für die Schule interessant, denn die Frage nach der Verantwortung der Wissenschaftler für ihr Tun in Bezug auf die Gesellschaft sollte im Physikunterricht immer wieder gestellt und erörtert werden. Wernher von Braun (1912–1977) war ein Mensch mit äußerst ambivalenten Charakterzügen – auf der einen Seite ein genialer Ingenieur mit fantastischen Visionen im Hinblick auf der Entwicklung der Weltraumfahrt und jemand, der Menschen für seine Ideen begeistern und auf Großprojekte fokussieren konnte, auf der anderen Seite aber jemand, der auf unheilvolle und menschenverachtende Art und Weise mit den Machthabern des nationalsozialistischen Deutschlands zusammenarbeitete.

Literaturangaben

- ▶ Das Material **M 1** nimmt Bezug auf das Werk von Isaac Newton: *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, 1686, deutsche Übersetzung von 1872 „Über das Weltsystem“ in *Mathematische Principien der Naturlehre*, Internetquelle z. B.:
https://de.wikisource.org/wiki/Mathematische_Principien_der_Naturlehre/Weltsystem
- ▶ Die Textzusammenfassungen und Grafiken für das Material **M 4** beziehen sich auf die beiden Romane von Jules Verne: *Von der Erde zum Mond*. Fischer Taschenbuch Verlag, 1997 und *Reise um den Mond*. Fischer Taschenbuch Verlag, 2005.
Entnommen wurden die Textausschnitte aus: Lesehefte *Naturwissenschaft*, Jules Verne, *Von der Erde zum Mond*, Zusammenfassung und Auswahl von Martina Lindner und Kristine Popp, Klett Verlag Stuttgart, 1994 (ISBN 3-12-75261 0-5). Diese Lesehefte sind nicht mehr erhältlich.

Internetseiten

- ▶ Computersimulation **umlauf.exe** zu Material **M 1** und **M 2**:
<http://www.mabo-physik.de/erdumlaufbahn.html>
- ▶ Computersimulation **apollo.exe** zu Material **M 3**:
<http://www.mabo-physik.de/mondflug.html>
- ▶ Daten zur Konfiguration der Redstone-Mercury-Raketen:
<https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19670028606.pdf>
- ▶ Detaillierte Daten zur Konfiguration der Saturn-V-Rakete und zu den einzelnen Apolloflügen:
https://history.nasa.gov/SP-4029/Apollo_00g_Table_of_Contents.htm
- ▶ Materialien zu den Lunochod-Missionen:
https://www.wikiwand.com/de/Lunochod_1
https://www.wikiwand.com/de/Lunochod_2
<https://www.raumfahrer.net/forum/smf/index.php?topic=12187.50>
<http://www.planetary.org/multimedia/space-images/earth/lunokhod-2-traverse-overview.html>
- ▶ Artikel zum Thema „Frauen hinter der Mondlandung“:
<https://www.spektrum.de/news/die-frauen-hinter-der-mondlandung/1648126>
<https://www.spiegel.de/spiegel/mondlandung-1969-wie-eine-frau-die-mondlandung-moeglich-machte-a-1104707.html>
- ▶ Artikel zum Thema „Wernher von Braun“:
<https://www.spektrum.de/news/der-mann-im-mond/876801>

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, LEK = Lernerfolgskontrolle

1./2. Stunde

Thema:	Einstieg in das Thema Mond
M 1 (Ab)	Der Erde entkommen – die erste kosmische Geschwindigkeit
M 2 (Ab)	Der Erde entkommen – die zweite kosmische Geschwindigkeit
Kompetenzen:	Bekanntes Wissen in neuen Zusammenhängen anwenden, Umgang mit Formeln, konkrete Berechnungen, Anwenden einer Computersimulation, Bewerten von Ergebnissen
Benötigt:	<input type="checkbox"/> Taschenrechner, Formelsammlung, Computer für Simulation <i>umlauf.exe</i>
Inhalt:	Herleitung der ersten und zweiten kosmischen Geschwindigkeit, konkreter Bezug zur Raumfahrt zum Mond durch konkrete Berechnungen

3./4. Stunde

Thema:	Klassische Mechanik
M 3 (Ab)	Die Flugbahn zum Mond – ein Dreikörperproblem
Kompetenzen:	Das System Erde-Mond als dynamisches Konstrukt verstehen
Benötigt:	<input type="checkbox"/> Computer für Simulation <i>Apollo.exe</i>
Inhalt:	Die Flugbahn zum Mond mithilfe einer Computersimulation experimentell erkunden und nachvollziehen

5./6. Stunde

Thema:	Exkurs in die Literatur zu Jules Verne
M 4 (Ab)	Jules Verne und der Flug zum Mond
Kompetenzen:	Einordnung und Beurteilung eines fiktionalen Textes (fantastische Literatur) unter physikalischen Gesichtspunkten
Inhalt:	Textausschnitte und grafische Darstellungen aus Jules Vernes Roman „Von der Erde zum Mond“ werden physikalisch hinterfragt

7.–10. Stunde

Thema:	Raketenphysik
M 5 (Ab)	Beschleunigung und Geschwindigkeit einer Rakete
Kompetenzen:	Bewegungsgesetze verstehen und anwenden unter der Voraussetzung einer abnehmenden Masse des beschleunigten Körpers, Umgang mit Mathematik-Software
Inhalt:	Beschleunigungsfunktion einer Rakete, Ermittlung der Endgeschwindigkeit durch Flächenberechnung mit einer Mathematik-Software

- M 6 (Ab)** **Mit einer einstufigen Rakete den Weltraum berühren**
Kompetenzen: Bekanntes Wissen in neuen Zusammenhängen anwenden, Umgang mit Formeln, konkrete Berechnungen, Bewerten von Ergebnissen
Benötigt: Taschenrechner und Computer mit Mathematiksoftware (GeoGebra)
Inhalt: Beschleunigungsfunktion und Endgeschwindigkeit einer einstufigen Rakete ermitteln, Bezug zur Raumfahrtgeschichte: Redstone-Mercury-Rakete, mit der Alan Shepard als erster Amerikaner den Weltraum berührte
- M 7 (Ab)** **Saturn V – die Superrakete**
Kompetenzen: Informationen aufnehmen
Benötigt: Daten und Abbildung
Inhalt: Daten und Abbildung der Saturn-V-Rakete
- M 8 (Ab)** **Mit der Superrakete zum Mond**
Kompetenzen: Bekanntes Wissen in neuen Zusammenhängen anwenden, Umgang mit Formeln, konkrete Berechnungen, Bewerten von Ergebnissen
Benötigt: Taschenrechner und Computer mit Mathematiksoftware (GeoGebra)
Inhalt: Berechnung und Ermittlung der Beschleunigungsfunktionen und Brennschlussgeschwindigkeiten der Rakete nach Abschalten der einzelnen Stufen,
 Bezüge herstellen zur Kreisbahngeschwindigkeit und Entweichgeschwindigkeit aus Material **M 1**

11./12. Stunde

- Thema:** **Internetrecherche und Lernerfolgskontrolle sowie Exkurs für Experten**
- M 9 (Ab)** **Lunochod – ein fahrbares Labor auf dem Mond**
Kompetenzen: Rechercheauftrag
Benötigt: Text
Inhalt: Informationen zum ersten fahrbaren, ferngesteuerten Mond-Rover der damaligen Sowjetunion
- M 10 (LEK)** **Lernerfolgskontrolle**
Kompetenzen: Bekanntes Wissen in neuen Zusammenhängen anwenden, Umgang mit Formeln, konkrete Berechnungen, Bewerten von Ergebnissen, Erklären von physikalischen Zusammenhängen
Benötigt: Taschenrechner und Computer mit Mathematiksoftware (GeoGebra)
Inhalt: Berechnung der kosmischen Geschwindigkeiten für den Mond, Dynamik des Systems Erde-Mond, Berechnung und Ermittlung von Beschleunigung und Endgeschwindigkeit einer Wasserrakete
- M 11 (Ab)** **Für Experten: eine Herleitung der Raketenformel**

SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

Auszug aus:

Aufbruch zum Mond - Astronomie

Das komplette Material finden Sie hier:

School-Scout.de

